PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-176727

(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/027
G01B 17/00
G03F 7/20

(21)Application number : 09-341445

(22)Date of filing : 11.12.1997

(71) Applicant : NIKON CORP

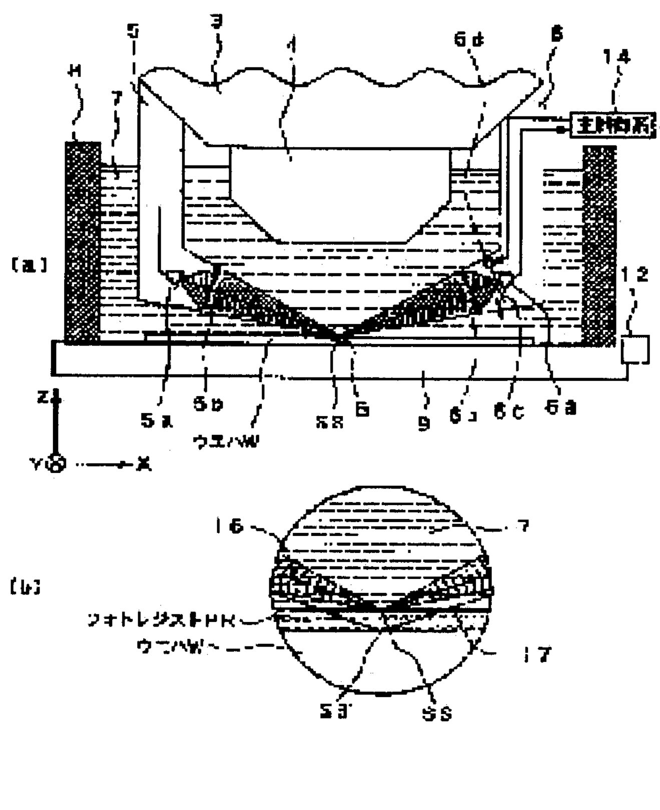
(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

(54) PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect with high precision a position in an optical axis direction of a projection optical system on a surface of a substrate, even when wavelengths of aligned lights are substantially reduced and moreover the alignment is carried out in a liquid.

SOLUTION: A liquid 7 is supplied to a sidewall 8 so as to satisfy a gap between a lens 4 of a projection optical system which is closest to a wafer W and the wafer W. Ultrasonic waves are emitted from an ultrasonic emission system 5, and the ultrasonic waves reflected by an ultrasonic focusing position SS are received by an ultrasonic reception system 6. Based on a detection signal from the ultrasonic reception system 6, a defocusing amount from a best focusing position in a focusing position SS of ultrasonic waves is acquired. Based on the acquired defocusing amount, a sample ore pedestal 9 is driven in a Z-direction to control a focusing position.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) Japan Patent Office (JP)
(12) Publication of Patent Applications (A)
(11) Japanese Patent Application Kokai Publication Number: Kokai No. 11-176727
(43) Kokai Publication Date: July 2, 1999

(51) Int.Cl.[6]	Domestic Classification Symbol	F I	
H01L 21/027		H01L 21/30	526Z
G01B 17/00		G01B 17/00	B
G03F 7/20	521	G03F 7/20	521
		H01L 21/30	514C

Request for Examination: Not yet requested. The Number of Claims: 5. (6 pages total)

(21) Application Filing Number: Patent Application No. 9-341445
(22) Application Filing Date: December 11, 1997
(71) Applicant: 000004112
Nikon Corporation
3-2-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo
(72) Inventor: Naomasa SHIRAISHI
Nikon Corporation
3-2-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo
(74) Representative: Satoshi ŌMORI, Patent Attorney

(54) [Title of the Invention] PROJECTION EXPLOSION or EXPOSURE APPARATUS

(57) [Summary]

[Problem] The wavelength of an exposure light is made shorter in effect, and even in the case where the exposure is performed in a liquid, a position of the surface of a substrate along a light axis of a projection optical system is detected with high accuracy.

[Means for Solving Problem] Liquid 7 is supplied inside side wall 8 so that the space between lens 4 of the projection optical system which is located nearest to wafer W and wafer W is filled with the liquid. Ultrasonic waves are emitted from ultrasonic wave emitting system 5, and the ultrasonic waves reflected at ultrasonic wave focusing point SS are received by ultrasonic wave receiving system 6. Based on the detection signals from ultrasonic wave receiving system 6, the defocus amount from the best focus position at ultrasonic wave focusing point SS is determined. Based on the determined defocus amount, sample table 9 is driven in the Z-direction to control the focus position.

【SCOPE OF CLAIMS】

【Claim 1】 A projection explosion apparatus for transferring a pattern of a mask through a projection optical system onto a substrate, said projection explosion apparatus characterized to comprise a liquid immersion device which supplies predetermined liquid on a surface of the substrate and an ultrasonic type surface position detection device which detects a position of the surface along a light axis of the projection optical system by detecting ultrasonic waves which are transmitted to the surface of the substrate through the liquid and are reflected at the surface of the substrate.

【Claim 2】 A projection explosion apparatus according to claim 1, characterized in that when a photosensitive material is applied to the surface of said substrate, said surface position detection device detects the position of the surface of said photosensitive material along the light axis of said projection optical system.

【Claim 3】 A projection explosion apparatus according to claim 1 or 2, characterized in that said liquid is supplied so that the space between the end portion of an optical element of said projection optical system on the side of said substrate and the surface of said substrate is filled with said liquid.

【Claim 4】 A projection explosion apparatus according to claim 1, 2, or 3, characterized in that said liquid is water or organic solvent.

【Claim 5】 A projection explosion apparatus according to any one of claims 1-4, characterized in that it is provided with a substrate stage that while holding said substrate, positions said substrate in a plane perpendicular to the light axis of said projection optical system and with a height control stage that based on detection results from said surface position detection device, controls the position of said substrate along the light axis of said projection optical system.

【Detailed Description of the Invention】

【0001】

【Field of Industrial Application】 The present invention relates to a projection explosion or exposure apparatus used for the lithography process for manufacturing, e.g., semiconductor devices, liquid crystal devices, or thin film magnetic heads.

【0002】

【Prior Art】 When manufacturing semiconductor devices, etc., there are used projection explosion apparatuses of, e.g., stepper type or step-and-scan type which transfer, via a projection optical system, an image of a pattern of a reticle, as a photomask, onto each shot area on a wafer (or a glass plate, etc.), as a substrate, to which resist is applied.

【0003】 The resolution of the projection optical system provided in such a projection explosion apparatus becomes higher as the exposure wavelength used is made shorter and, also, as the numerical aperture of the projection optical system is made larger. For this reason, along with the miniaturization of integrated circuits, the exposure wavelength used for the projection explosion apparatus is becoming shorter and shorter year by year, and the numerical aperture of the projection optical system is also becoming larger and larger. In this context, the presently dominant exposure wavelength is 248 nm from a KrF excimer laser, but the use of a still shorter wavelength of 193 nm from an ArF excimer laser is now being considered.

【0004】 In addition, when performing exposure, the depth of focus (DOF) is an important factor along with the resolution. The resolution R and the depth of focus δ are respectively expressed by the following formulas:

$$R=k_1\cdot\lambda/NA, \qquad (1)$$
$$\delta=k_2\cdot\lambda/NA^2, \qquad (2)$$

where λ is the exposure wavelength, NA is the numerical aperture of the projection optical system, and k_1 and k_2 are process coefficients. Assuming the case where an identical resolution is obtained, a larger depth of focus can be obtained as an exposure light of a shorter wavelength is used. However, when considering the spectral transmittance characteristics of transmitting optical members (glass materials) used for projection optical systems, there are at the

present time scarcely any glass materials through which an exposure light having a wavelength shorter than 193 nm of an ArF excimer laser can transmit and which can at the same time form a relatively large lens.

【0005】

【Problem to Be Solved by the Invention】 As described above, with respect to the conventional projection explosion apparatuses (projection optical systems), it is difficult to use an exposure light having a wavelength shorter than 193 nm of an ArF excimer laser. To address this problem, the liquid immersion method has been proposed as a method to make the exposure wavelength shorter in effect. This is designed to, by immersing a wafer in a predetermined liquid and thus by taking advantage of the fact that the wavelength of the exposure light in the liquid becomes 1/n times (n is the refractive index of the liquid and is generally about 1.2 to 1.6) of that in the air, improve the resolution and increase the depth of focus.

【0006】 By the way, since it is required that during exposure, the entirety of the exposure region be within the range of the depth of focus of the projection optical system, a focusing mechanism (autofocus mechanism) is provided in the projection explosion apparatus. This mechanism is generally configured such that a light beam is incident with an oblique incidence angle on the surface of a wafer to be exposed, the reflected light thereof is received by an opposite optical system to detect the focus condition of the wafer surface, and by moving the wafer vertically to adjust it to the focus position.

【0007】 A photosensitive film (photoresist) is applied to the wafer surface to be exposed, and onto this photoresist is transferred the pattern. It is therefore preferable that the photoresist surface is made coincide with the focus position of the projection optical system, and thus it is required that the position of the photoresist surface be detected. In the conventional projection explosion apparatuses, the space where the wafer is placed is filled with a gas, e.g., air or nitrogen. In this regard, for example, the refractive index of air is 1, and the refractive index of the photoresist applied to the wafer surface is approximately 1.7. Thus, the light reflectance at the air/photoresist interface can be calculated by the Fresnel equations as follows:

$$\begin{aligned} \text{Reflectance} &= \{(1-1.7)/(1+1.7)\}^2 \text{x} 100 \\ &= 6.7\ (\%). \end{aligned} \tag{3}$$

A relatively large amount of the light beams for the focus detection is reflected at the air/photoresist interface, and thus the photoresist surface position can be detected.

【0008】 However, in the case of a projection explosion apparatus in which the liquid immersion method is adopted, it will be configured such that the space where a wafer is placed is filled with a liquid. In the case where the liquid is, for example, water, its refractive index is 1.3, and the light reflectance at the water/photoresist interface can be calculated by the Fresnel equations as follows:

$$\begin{aligned} \text{Reflectance} &= \{(1.3-1.7)/(1.3+1.7)\}^2 \text{x} 100 \\ &= 1.8\ (\%). \end{aligned} \tag{4}$$

Since compared with the air/photoresist interface, the differential between the refractive index of the space and that of the photoresist becomes significantly small at the water/photoresist interface, the reflectance of the light beams for the focus detection decreases, which makes it difficult to precisely detect the photoresist surface position.

【0009】 In consideration of such situations, an object of the present invention is to provide a projection explosion or exposure apparatus in which the wavelength of the exposure light is made smaller in effect and which can transfer even finer patterns. Further, it is also an object to provide a projection explosion apparatus that even in the case where exposure is performed on a substrate over which a photosensitive material is applied, can detect with high accuracy the position of

the surface of the photosensitive material along the light axis of the projection optical system.

【0010】

【Means for Solving the Problems】 A projection explosion apparatus of the present invention is a projection explosion apparatus for transferring a pattern of a mask (R) through a projection optical system (PL) onto a substrate (W), the projection explosion apparatus characterized to comprise a liquid immersion device (2, 8) which supplies predetermined liquid (7) on a surface of the substrate (W) and an ultrasonic type surface position detection device (5, 6) which detects a position of the surface along a light axis of the projection optical system (PL) by detecting ultrasonic waves which are transmitted to the surface of the substrate through the liquid (7) and are reflected at the surface of the substrate.

【0011】 In accordance with such projection explosion apparatus of the present invention, since the pattern of the mask (R) is exposed onto the surface of the substrate (W) via the liquid (7), the wavelength of the exposure light at the surface of the substrate can be made smaller in effect, with the wavelength becoming 1/n times (n is the refractive index of the liquid (7)) of that in the air. Further, since the position of the surface of the substrate (W) along the light axis is detected with high accuracy by the ultrasonic type surface position detection device (5, 6), the position can be detected with high accuracy even in liquid (7) in which it is difficult to detect the surface position by an optical type surface position detection device.

【0012】 Further, it is preferable that when a photosensitive material (PR) is applied to the surface of the substrate (W), the surface position detection device (5, 6) detects the position of the surface of the photosensitive material (PR) along the light axis of the projection optical system (3, 4). In this case, the image surface of the projection optical system (3, 4) can be adjusted to the surface of the photosensitive material (PR). Further, it is preferable that the liquid (7) is supplied so that the space between the end portion of an optical element (4) of the projection optical system (PL) on the side of the substrate (W) and the surface of the substrate (W) is filled with the liquid. In this case, the wavelength of the exposure light at the surface of the substrate (W) can be made smaller in effect, with the wavelength becoming 1/n times (n is the refractive index of the liquid (7)) of that in the air. Further, since the lens barrel (3) of the projection optical system (PL) does not come into contact with the liquid (7), there is the advantage that the lens barrel (3) of the projection optical system (PL) becomes unlikely to be corroded.

【0013】 Further, the liquid (7) is water (having a refractive index of 1.3) or organic solvent (e.g., alcohol (e.g., ethanol (having a refractive index of 1.36) or cedar oil (having a refractive index of 1.52)). In this case, when water is used as the liquid (7), there is the advantage that it is easily available. Further, when organic solvent is used as the liquid (7), there is the advantage that the lens barrel (3) of the projection optical system (PL) becomes unlikely to be corroded. Still further, when cedar oil is used as the liquid (7), it has a large refractive index of about 1.5, and thus the wavelength of the exposure light can be made still smaller in effect.

【0014】 Further, it is preferable that the projection explosion apparatus is provided with a substrate stage (10) that while holding the substrate (W), positions the substrate (W) in a plane perpendicular to the light axis of the projection optical system (PL) and with a height control stage (9) that based on detection results from the surface position detection device (5, 6), controls the position of the substrate (W) along the light axis (3, 4) of the projection optical system. In this case, the surface of the substrate (W) can be adjusted with high accuracy relative to the image surface of the projection optical system (3, 4).

【0015】

【Embodiment of the Invention】 In the following, an embodiment of the present invention will be described referring to FIGS. 1-3. FIG. 1(a) shows an outline configuration of the projection explosion or exposure apparatus of the embodiment; in FIG. 1(a), illumination light IL constituted by ultraviolet pulse

light of 193 nm wavelength emitted from illumination optical system 1 including an ArF excimer laser as the exposure light source, an optical integrator, a field stop, a condenser lens, etc. illuminates a pattern provided on reticle R. The pattern of reticle R is, via projection optical system PL that is telecentric on both sides (or one-side telecentric on the wafer side), reduction projected with projection magnification β (β being, e.g., 1/4 or 1/5) onto an exposure area on the wafer W on which photoresist PR is applied. It is to be noted that as illumination light IL, KrF excimer laser light (248 nm wavelength), F_2 excimer laser light (157 nm wavelength), the i-line of a mercury lamp, etc. may be used. In the following, description will be made by setting the Z-axis parallel to light axis AX of projection optical system PL and by, in a plane perpendicular to the Z-axis direction, setting the Y-axis along the direction perpendicular to the plane of the drawing of FIG. 1(a) and setting the X-axis along the direction parallel to the plane of the drawing.

【0016】 Reticle R is held on reticle stage RST; in reticle stage RST is incorporated a mechanism that can finely move in the X-direction, the Y-direction, and the rotational direction. The two-dimensional position and rotation angle of reticle stage RST are being measured in real time by a laser interferometer (not shown). On the other hand, wafer W is held, via a wafer holder (not shown), on sample table 9; sample table 9 is fixed on Z-stage 10 that controls the focus position (the position in the Z-direction) and inclination angle of wafer W. On sample table 9 is provided a cylinder-shaped side wall 8, and the inside thereof is filled with liquid 7. Liquid 7 is, by liquid supply/recovery system 2 constituted by a pump, etc., supplied to the inside of side wall 8 before an exposure process and recovered after the exposure process, via nozzle 2a. It should be noted that in the projection explosion apparatus of the embodiment, water (having a refractive index of 1.3) is used as liquid 7, and the wavelength of the light in the water becomes 1/1.3 times of that in the air, so that the wavelength of the exposure light from the ArF excimer laser is made shorter in effect, i.e., to be approximately 148 nm.

【0017】 Further, lens barrel 3 of projection optical system PL is made of metal, and to prevent the lens barrel from being corroded by liquid 7, the contact portion of projection optical system PL with liquid 7 is restricted exclusively to lens 4 located nearest to wafer W. Further, on the side surface of lens barrel 3 of projection optical system PL is attached a focus position detection system (hereinafter, referred to as "AF sensor 5, 6") constituted by ultrasonic wave emitting system 5 and ultrasonic wave receiving system 6.

【0018】 FIG. 1(b) is an enlarged view illustrating side wall 8 and its vicinity of FIG. 1(a); in FIG. 1(b), to side wall 8 is provided an openable-closable door 8a that is used when wafer W is conveyed on sample table 9 or is carried out of sample table 9. Further, nozzle 2a of liquid supply/recovery system 2 is configured such that it can be vertically driven when the liquid is supplied or recovered.

【0019】 Returning to FIG. 1(a), Z-stage 10 is fixed on XY-stage 11 that moves along the XY-plane that is parallel to the image surface of projection optical system PL, and XY-stage 11 is mounted on a base, not shown. By controlling the focus position (the position in the Z-direction) and inclination angle of wafer W, Z-stage 10 adjusts the surface of photoresist PR on wafer W to the image surface of projection optical system PL by means of an autofocus system and an autoleveling system; XY-stage 11 performs the positioning of wafer W in the X- and Y-directions. The two-dimensional position and rotation angle of sample table 9 (w) are being measured as the position of moving mirror 12 in real time by laser interferometer 13. With based on the measurement results, control information being sent from main control system 14 to wafer stage drive system 15, the operations of Z-stage 10 and XY-stage 11 are controlled; when exposure is to be performed, each of the shot areas on wafer W sequentially moves to the exposure position, and the pattern of reticle R is exposure-transferred to each shot area.

【0020】 Next, the AF sensor 5, 6 of the embodiment will be described. FIG. 2(a) shows in an enlarged scale the lower part of the projection optical system of the embodiment and its vicinity; in FIG. 2(a), ultrasonic wave emitting system 5 is

provided with ultrasonic wave generating device 5a and ultrasonic wave focusing device 5b. Ultrasonic waves with a frequency of about from 50 MHz to 500 MHz having been emitted from ultrasonic wave generating device 5a constituted by piezoelectric device, etc. are focused by ultrasonic wave focusing device 5b on focusing point SS on the surface of photoresist PR applied to wafer W, are reflected at focusing point SS, and enter ultrasonic wave receiving system 6. Ultrasonic wave receiving system 6 is provided with ultrasonic wave receiving device 6a, ultrasonic wave focusing device 6b, and sound insulating plate 6c that can vibrate; the ultrasonic waves having entered ultrasonic wave receiving system 6 are focused by ultrasonic wave focusing device 6b and enter, via an opening of sound insulating plate 6c, ultrasonic wave receiving device 6a. Detection signals from ultrasonic wave receiving device 6a are supplied to main control system 14. It is to be noted that the opening, which makes ultrasonic waves pass therethrough, is provided in the center portion of sound insulating plate 6c, and main control system 14, by laterally shifting (or vibrating) sound insulating plate 6c by means of sound insulating plate drive mechanism 6d, detects the position where the detection signal of ultrasonic wave receiving device 6a becomes maximum. Alternatively, the detection signal of ultrasonic wave receiving device 6a may be synchronously detected with a signal synchronized with the signal by which sound insulating plate 6c is vibrated.

【0021】 Figure 2(b) shows the enlarged view of the vicinity of the focusing point SS of ultrasonic waves on the surface of the photoresist PR, and in this figure 2(b), the photoresist PR for photosensitization is applied on the wafer W. Even if the position SS of the surface of the photoresist PR are tried to be detected by the AF sensor of the conventional optical-type and the oblique incidence-type, the refractive index of the liquid 7 and that of the photoresist PR are almost equivalent so that the reflectance becomes extremely low. Therefore the position SS' to be detected is not placed on the surface of the photoresist PR, and the image surface of the projection optical system PL is adjusted to the surface of the substrate of the wafer W itself. The ultrasonic waves of the AF sensors 5, 6 in this example go along the pass 16 and are reflected at the surface of the photoresist PR. Therefore the position SS on the surface of the photoresist PR is detected precisely and the surface of the photoresist PR can be focused onto the image surface with high precision.

【0022】 In addition, the Z-direction position of the surface of photoresist PR is, in accordance with the principle of the AF sensor of the conventional optical-type and the oblique incidence-type, detected from the lateral shift amount of the ultrasonic wave focusing position on ultrasonic wave receiving device 6a. More specifically, since if wafer W shifts downwardly (in the Z-direction) in FIG. 2(b), then the focusing position on ultrasonic wave receiving device 6a in FIG. 2(a) shifts upwardly and since if wafer W shifts upwardly in FIG. 2(b), then the focusing position on ultrasonic wave receiving device 6a shifts downwardly, the focus position change amount of the surface of photoresist PR can be determined by the lateral shift amount. To this end, it would suffice to determine in advance the best focus position by means of, e.g., a test print and then to, at that time, make the opening center (or the vibration center) of sound insulating plate 6c coincide with the center of the ultrasonic wave focusing position.

【0023】 FIG. 3 shows, by way of an example, the relationship between focus signal D obtained by synchronously detecting the detection signal from ultrasonic wave receiving system 6 and the focus position Z of the surface of photoresist PR. In main control system 14, with the detection signals from ultrasonic wave receiving device 6a being synchronously rectified with the drive signal of sound insulating plate 6c, focus signal D that changes in approximate proportion to focus position Z in a predefined range is generated in correspondence with the ultrasonic wave focusing point SS on the surface of photoresist PR. In the embodiment, focus signal D, which corresponds to the ultrasonic wave focusing point SS, is calibrated so that it becomes zero when focusing point SS coincide with the image surface (best focus position) of projection optical system PL, and thus main control system 14 can determine the

defocus amount (shift amount) by way of focus signal D. Exposure is to be performed by moving Z-stage 10 (wafer W) downwardly when the focus position of wafer W is located above the reference position and by moving Z-stage 10 (wafer W) upwardly when the focus position of wafer W is, in contrast, located below the reference position.

【0024】 It is to be noted that while, in the embodiment, water (having a refractive index of 1.3) is used as liquid 7, organic solvent (e.g., alcohol or cedar oil) may also be used as liquid 7. In this case, there is the advantage that the lens barrel 3 of the projection optical system PL becomes unlikely to be corroded. Further, when cedar oil (having a refractive index of 1.5) is used, it has a large refractive index of about 1.5, and thus the wavelength of the exposure light can be made still smaller in effect.

【0025】 In addition, with respect to the focus position detection, it may also be configured such that by disposing a sound insulating plate having a plurality of openings in ultrasonic wave emitting system 5, each of the focus positions at a plurality of points on the photoresist surface is detected or such that by disposing a sound insulating plate having a large opening in ultrasonic wave emitting system 5 and by, at the same time, disposing a sound insulating plate having a plurality of openings in ultrasonic wave receiving system 6, each of the focus positions at a plurality of points is similarly detected.

【0026】 Further, while, in the above-described embodiment, the focus position of the surface of the photoresist of the wafer is detected by using ultrasonic waves, a leveling sensor that detects the inclination angle of the surface of the photoresist by using ultrasonic waves may also be used. In this leveling sensor, it would suffice to irradiate ultrasonic waves that proceed almost parallel to the wafer surface and to detect the sound collecting position of the ultrasonic waves reflected.

【0027】 It should be noted that needless to say, the present invention is not limited to the above-described embodiment but can have various configurations within the scope not departing from the essence of the present invention.

【0028】

【Effect of the Invention】 In accordance with the projection explosion or exposure apparatus of the present invention, since the image of a mask pattern is exposed, via liquid, onto the surface of a substrate, the wavelength of the exposure light at the surface of the substrate can be made smaller in effect, with the wavelength becoming the inverse number-times of the refractive index of the liquid of that in the air. Further, since the position of the surface of the substrate along the light axis is detected with high accuracy by an ultrasonic type surface position detection device, the position can be detected with high accuracy even in liquid in which it is difficult to detect the surface position by an optical type surface position detection device.

【0029】 Further, in the case where the surface position detection device detects the position of the surface of a photosensitive material along the light axis of the projection optical system, the surface of the photosensitive material can be adjusted with high accuracy to the image surface of the projection optical system based on the detection information. Further, in the case where the liquid is supplied so that the space between the end portion of an optical element of the projection optical system on the side of the substrate and the surface of the substrate is filled with the liquid, the wavelength of the exposure light can be made smaller in effect, with the wavelength becoming 1/n times (n is the refractive index of the liquid) of that in the air. Further, since the lens barrel of the projection optical system does not come into contact with the liquid, there is the advantage that the lens barrel of the projection optical system becomes unlikely to be corroded.

【0030】 Further, when the liquid is water, there is the advantage that it is easily available. When the liquid is organic solvent (e.g., alcohol or cedar oil), there is the advantage that the lens barrel of the projection optical system is unlikely to be corroded. Still further, when cedar oil is used as the liquid, it has a larger refractive index of about 1.5 compared with, e.g., water (having a refractive index of 1.3), and thus the wavelength of the exposure light can be made still smaller in

effect.

【0031】 Further, in the case where the projection explosion apparatus is provided with a substrate stage that while holding the substrate, positions the substrate in a plane perpendicular to the light axis of the projection optical system and with a height control stage that based on detection results from the surface position detection device, controls the position of the substrate along the light axis of the projection optical system, the image surface of the projection optical system can be adjusted with high accuracy to the exposure position on the surface of the substrate.

【Brief Description of the Drawings】

【FIG. 1】 (a) is an outline configuration drawing showing a projection explosion apparatus embodiment example of the present invention; (b) is an enlarged view illustrating side wall 8 and its vicinity of FIG. 1(a).

【FIG. 2】 (a) is a partial enlarged view showing the configuration of the lower part of the projection explosion apparatus; (b) is an enlarged view of the B portion of FIG. 2(a).

【FIG. 3】 This is a drawing showing the relationship between the focus position Z of the surface of the photoresist on wafer W and focus signal D.

【Explanations of Letters or Numerals】

W wafer
R reticle
PL projection optical system
1 illumination optical system
2 liquid supply/recovery system
3 lens barrel
4 lens
5 ultrasonic wave emitting system
6 ultrasonic wave receiving system
7 liquid
8 side wall
9 sample table
10 Z-stage
14 main control system
15 wafer stage drive system

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平11－176727

(43)公開日　平成11年(1999)７月２日

(51)Int.Cl.6	識別記号	ＦＩ	
Ｈ０１Ｌ　21/027		Ｈ０１Ｌ　21/30	５２６Ｚ
Ｇ０１Ｂ　17/00		Ｇ０１Ｂ　17/00	Ｂ
Ｇ０３Ｆ　7/20	５２１	Ｇ０３Ｆ　7/20	５２１
		Ｈ０１Ｌ　21/30	５１４Ｃ

審査請求　未請求　請求項の数５　ＯＬ　（全 ６ 頁）

(21)出願番号　特願平9－341445

(22)出願日　平成９年(1997)12月11日

(71)出願人　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号

(72)発明者　白石　直正
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

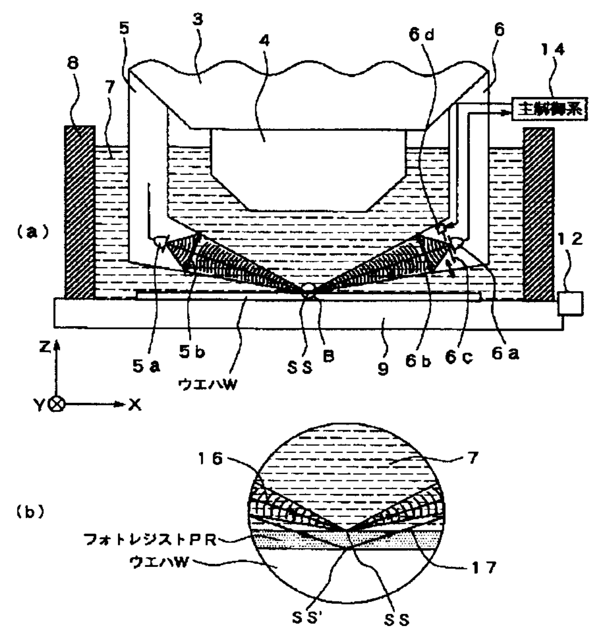
(74)代理人　弁理士　大森　聡

(54)【発明の名称】　投影露光装置

(57)【要約】

【課題】　露光光を実質的に短波長化し、また、露光が液体中で行われる場合であっても、基板表面の投影光学系の光軸方向の位置を高精度に検出する。

【解決手段】　ウエハＷに最も近い投影光学系のレンズ４とウエハＷとの間を満たすように側壁８内に液体７を供給する。超音波射出系５から超音波を射出し、超音波集束位置ＳＳにおいて反射した超音波を超音波受信系６により受信する。超音波受信系６からの検出信号に基づいて、超音波の集束位置ＳＳにおけるベストフォーカス位置からのデフォーカス量を求める。求められたデフォーカス量に基づいて試料台９をＺ方向に駆動し、フォーカス位置の制御を行う。



【特許請求の範囲】
【請求項１】　マスクパターンを投影光学系を介して基板上に転写する投影露光装置において、
前記基板の表面に所定の液体を供給する液浸装置と、
前記基板の表面に前記液体を介して超音波を送出し、前記表面で反射される超音波を検出することによって前記表面の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する超音波方式の面位置検出装置と、
を備えたことを特徴とする投影露光装置。
【請求項２】　前記基板の表面に感光材料が塗布されている際に、
前記面位置検出装置は、前記感光材料の表面の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出することを特徴とする請求項１記載の投影露光装置。
【請求項３】　前記投影光学系の前記基板側の光学素子の先端部と前記基板の表面との間を満たすように前記液体が供給されることを特徴とする請求項１、又は２記載の投影露光装置。
【請求項４】　前記液体は、水、又は有機溶媒であることを特徴とする請求項１、２、又は３記載の投影露光装置。
【請求項５】　前記基板を保持して該基板を前記投影光学系の光軸に垂直な平面上で位置決めする基板ステージと、
前記面位置検出装置の検出結果に基づいて前記基板の前記投影光学系の光軸方向の位置を制御する高さ制御ステ＊ージと、を備えたことを特徴とする請求項１～４の何れか一項記載の投影露光装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程に用いられる投影露光装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】半導体素子等を製造する際に、フォトマスクとしてのレチクルのパターンの像を投影光学系を介して、基板としてのレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写するステッパー型、又はステップ・アンド・スキャン方式等の投影露光装置が使用されている。
【０００３】投影露光装置に備えられている投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短く、投影光学系の開口数が大きいほど高くなる。そのため、集積回路の微細化に伴い投影露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大してきている。そして、現在主流の露光波長は、ＫｒＦエキシマレーザの２４８ｎｍであるが、更に短波長のＡｒＦエキシマレーザの１９３ｎｍの使用も検討されている。
【０００４】また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度も重要となる。解像度Ｒ、及び焦点深度δはそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \qquad (1)$$

$$\delta = k_2 \cdot \lambda / NA^2 \qquad (2)$$

ここで、λは露光波長、ＮＡは投影光学系の開口数、k_1，k_2はプロセス係数である。同じ解像度を得る場合には短い波長の露光光を用いた方が大きな焦点深度を得ることができる。しかしながら、投影光学系に使用される透過性の光学部材（硝材）の分光透過特性を考慮すると、現時点ではＡｒＦエキシマレーザの１９３ｎｍより短い波長の露光光を透過できると共に、比較的大きなレンズを形成できる均一な硝材はほとんどない。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】上記の如く従来の投影露光装置（投影光学系）では、ＡｒＦエキシマレーザの１９３ｎｍより短い波長の露光光を使用することは困難である。そこで、実質的に露光波長を短くする方法として、液浸法が提案されている。これは、ウエハを所定の液体中に浸し、液体中での露光光の波長が、空気中の１／ｎ倍（ｎは液体の屈折率で通常１．２～１．６程度）になることを利用して解像度を向上し、焦点深度を増大するというものである。
【０００６】ところで、露光時には、露光範囲全体が投※影光学系の焦点深度の範囲内に入る必要があるため、投影露光装置には、合焦機構（オートフォーカス機構）が設けられている。これは、一般に露光すべきウエハの表面に斜入射で光ビームを入射し、その反射光を対面の光学系で受光してウエハ表面の合焦状態を検出し、ウエハを上下に移動して合焦位置へ追い込むというものである。
【０００７】露光されるウエハ表面には感光膜（フォトレジスト）が塗布されており、このフォトレジストにパターンが転写される。そこで、このフォトレジスト表面を投影光学系の焦点位置に一致させることが望ましく、フォトレジスト表面の位置をを検出する必要がある。従来の投影露光装置では、ウエハが配置される空間は空気、又は窒素等の気体で満たされている。そして、例えば空気の屈折率は１であり、ウエハ表面に塗布されたフォトレジストの屈折率は、約１．７である。従って、空気－フォトレジスト界面における光の反射率は、フレネルの式より以下のように計算される。

$$\text{反射率} = \{(1-1.7)/(1+1.7)\}^2 \times 100 = 6.7\ (\%) \qquad (3)$$

空気－フォトレジスト界面では、合焦検出用の光束の比較的多くが反射し、フォトレジスト表面の位置を検出す

ることができる。

【０００８】しかし、液浸法を採用した投影露光装置の場合には、ウエハが配置される空間は液体で満たされる＊＊ことになる。例えば液体が水である場合、その屈折率は１．３であり、水－フォトレジスト界面における光の反射率は、フレネルの式より以下のように計算される。

$$反射率＝\{(1.3-1.7)/(1.3+1.7)\}^2\times100 = 1.8\ (\%) \quad (4)$$

水－フォトレジスト界面では、空気－フォトレジスト界面に比べ空間とフォトレジストとの屈折率の差が著しく小さくなるため、合焦検出用の光束の反射率が低下し、フォトレジスト表面の位置を正確に検出することが困難となる。

【０００９】本発明は斯かる点に鑑み、露光光の波長を短波長化し、より微細なパターンを転写できる投影露光装置を提供することを目的とする。さらに、液体中で感光材料が塗布された基板上に露光が行われる場合であっても、その感光材料の表面の投影光学系の光軸方向の位置を高精度に検出することができる投影露光装置を提供することをも目的とする。

【００１０】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、マスク（Ｒ）のパターン像を投影光学系（ＰＬ）を介して基板（Ｗ）上に転写する投影露光装置において、その基板（Ｗ）の表面に所定の液体（７）を供給する液浸装置（２，８）と、その基板（Ｗ）の表面に液体（７）を介して超音波を送出し、その表面で反射される超音波を検出することによってその表面のその投影光学系（ＰＬ）の光軸方向の位置を検出する超音波方式の面位置検出装置（５，６）とを備えたものである。

【００１１】斯かる本発明の投影露光装置によれば、マスク（Ｒ）のパターン像を液体（７）を介して基板（Ｗ）の表面に露光するため、基板表面における露光光の波長を空気中における波長の１／ｎ倍（ｎは液体（７）の屈折率）に短波長化できる。また、超音波方式の面位置検出装置（５，６）により基板（Ｗ）の表面の光軸方向の位置を高精度に検出するため、光学式の面位置検出装置では面位置の検出が困難な液体（７）中においても、その位置を高精度に検出することができる。

【００１２】また、基板（Ｗ）の表面に感光材料（ＰＲ）が塗布されている際に、面位置検出装置（５，６）は、その感光材料（ＰＲ）の表面の投影光学系（３，４）の光軸方向の位置を検出することが望ましい。この場合、投影光学系（３，４）の像面をその感光材料（ＰＲ）の表面に合わせ込むことができる。また、投影光学系（ＰＬ）の基板（Ｗ）側の光学素子（４）の先端部とその基板（Ｗ）の表面との間を満たすように液体（７）が供給されることが望ましい。この場合、基板（Ｗ）表面における露光光の波長を、空気中における露光光の波長の１／ｎ倍（ｎは液体（７）の屈折率）に短波長化できる。さらに、投影光学系（ＰＬ）の鏡筒（３）が液体（７）に接触しないため、鏡筒（３）が腐食しにくくなるという利点がある。

【００１３】また、その液体（７）は、水（屈折率１．３）、又は有機溶媒（例えばアルコール（エタノール（屈折率１．３６）等）、セダー油（屈折率１．５２）等）である。この場合に液体（７）として水を用いる場合には、その入手が容易であるという利点がある。また、液体（７）として有機溶媒を用いる場合には、投影光学系（ＰＬ）の鏡筒（３）が腐食しにくくなるという利点がある。さらに、液体（７）としてセダー油を用いる場合には、その屈折率が約１．５と大きく、露光光をより短波長化することができる。

【００１４】また、基板（Ｗ）を保持してこの基板（Ｗ）を投影光学系（ＰＬ）の光軸に垂直な平面上で位置決めする基板ステージ（１０）と、面位置検出装置（５，６）の検出結果に基づいてその基板（Ｗ）の投影光学系の光軸方向（３，４）の位置を制御する高さ制御ステージ（９）とを備えることが望ましい。この場合、投影光学系（３，４）の像面に対して基板（Ｗ）の表面を高精度に合わせ込むことができる。

【００１５】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図１～図３を参照して説明する。図１（ａ）は本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図１（ａ）において、露光光源としてのＡｒＦエキシマレーザ光源、オプティカル・インテグレータ、視野絞り、コンデンサレンズ等を含む照明光学系１から射出された波長１９３ｎｍの紫外パルス光よりなる露光光ＩＬは、レチクルＲに設けられたパターンを照明する。レチクルＲのパターンは、両側（又はウエハ側に片側）テレセントリックな投影光学系ＰＬを介して所定の投影倍率β（βは例えば１／４，１／５等）でフォトレジストＰＲが塗布されたウエハＷ上の露光領域に縮小投影される。なお、露光光ＩＬとしては、ＫｒＦエキシマレーザ光（波長２４８ｎｍ）、F_2エキシマレーザ光（波長１５７ｎｍ）や水銀ランプのｉ線（波長３６５ｎｍ）等を使用してもよい。以下、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに平行にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面内で図１（ａ）の紙面に垂直な方向に沿ってＹ軸を取り、紙面に平行な方向に沿ってＸ軸を取って説明する。

【００１６】レチクルＲはレチクルステージＲＳＴ上に保持され、レチクルステージＲＳＴにはＸ方向、Ｙ方向、回転方向に微動できる機構が組み込まれている。レチクルステージＲＳＴの２次元的な位置、及び回転角はレーザ干渉計（不図示）によってリアルタイムに計測されている。一方、ウエハＷはウエハホルダ（不図示）を介して試料台９上に保持され、試料台９はウエハＷのフ

ォーカス位置（Ｚ方向の位置）及び傾斜角を制御するＺステージ１０上に固定されている。試料台９上には円筒状の側壁８が設けられおり、その内部は液体７で満たされている。液体７は、ポンプ等からなる液体供給回収系２により、ノズル２ａを介して露光前に側壁８内に供給され、露光後に回収される。なお、本例の投影露光装置では液体７として水（屈折率１．３）を使用しており、光の波長は水中において空気中の１／１．３倍になるため、ＡｒＦエキシマレーザ（波長１９３ｎｍ）よりなる露光光の波長は実質的に約１４８ｎｍに短波長化される。

【００１７】また、投影光学系ＰＬの鏡筒３は金属製であり、液体７による腐食を防止するため、本例では、投影光学系ＰＬと液体７との接触部分は、ウエハＷに最も近いレンズ４のみとしている。また、投影光学系ＰＬの鏡筒３の側面には、超音波射出系５と超音波受信系６とよりなる焦点位置検出系（以下「ＡＦセンサ５，６」と呼ぶ）が取り付けられている。

【００１８】図１（ｂ）は図１（ａ）の側壁８近傍の拡大図であり、この図１（ｂ）において、側壁８にはウエハＷの試料台９上への搬送、又は試料台９からの搬出の際に使用する開閉自在の扉８ａが設けられている。また、液体供給回収系２のノズル２ａは、液体の供給、及び回収の際に上下に駆動することができる構成となっている。

【００１９】図１（ａ）に戻り、Ｚステージ１０は投影光学系ＰＬの像面と平行なＸＹ平面に沿って移動するＸＹステージ１１上に固定され、ＸＹステージ１１は不図示のベース上に載置されている。Ｚステージ１０は、ウエハＷのフォーカス位置（Ｚ方向の位置）、及び傾斜角を制御してウエハＷ上のフォトレジストＰＲ表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系ＰＬの像面に合わせ込み、ＸＹステージ１１はウエハＷのＸ方向、及びＹ方向の位置合わせを行う。試料台９（ウエハＷ）の２次元的な位置、及び回転角は、移動鏡１２の位置としてレーザ干渉計１３によってリアルタイムに計測されている。この計測結果に基づいて主制御系１４からウエハステージ駆動系１５に制御情報が送られ、Ｚステージ１０、ＸＹステージ１１の動作が制御され、露光時にはウエハＷ上の各ショット領域が順次露光位置に移動し、レチクルＲのパターンが各ショット領域へ露光転写される。

【００２０】次に、本例の投影露光装置のＡＦセンサ５，６について説明する。図２（ａ）は、本例の投影光学系の下部近傍を拡大して示し、この図２（ａ）において、超音波射出系５には超音波発生素子５ａ、及び超音波集束素子５ｂが設けられている。圧電素子等からなる超音波発生素子５ａから射出された周波数５０ＭＨｚ～２００ＭＨｚ程度の超音波は、超音波集束素子５ｂによりウエハＷに塗布されたフォトレジストＰＲ表面上の集束位置ＳＳに集束され、集束位置ＳＳで反射して超音波受信系６に入射する。超音波受信系６には超音波受信素子６ａ、超音波集束素子６ｂ、及び振動できる遮音板６ｃが設けられており、超音波受信系６に入射した超音波は超音波集束素子６ｂにより集束され、遮音板６ｃの開口を介して超音波受信素子６ａに入射する。超音波受信素子６ａの検出信号は主制御系１４に供給される。なお、遮音板６ｃの中央部には超音波を通過させる開口が設けられて、主制御系１４が遮音板駆動機構６ｄにより遮音板６ｃを横シフト（又は振動）させて超音波受信素子６ａの検出信号が最大になる位置を検出する。又は、遮音板６ｃを振動させるのに同期した信号で超音波受信素子６ａの検出信号を同期検波してもよい。

【００２１】図２（ｂ）は、フォトレジストＰＲ表面上の超音波の集束位置ＳＳ付近を拡大して示し、この図２（ｂ）において、ウエハＷ上には感光用のフォトレジストＰＲが塗布されている。従来の光学式で斜入射方式のＡＦセンサによりフォトレジストＰＲ表面上の位置ＳＳを検出しようとしても、液体７とフォトレジストＰＲの屈折率が同程度で反射率が極めて低くなり、光は経路１７に沿ってウエハＷの表面まで進むため、検出される位置ＳＳ’はフォトレジストＰＲの表面上に位置せず、投影光学系ＰＬの像面にはウエハＷの基板自体の表面が合わせ込まれる。本例のＡＦセンサ５，６の超音波は経路１６に沿って進みフォトレジストＰＲの表面で反射されるため、フォトレジストＰＲ表面上の位置ＳＳが正確に検出され、高精度にフォトレジストＰＲ表面を像面に合焦させることができる。

【００２２】また、フォトレジストＰＲ表面のＺ方向の位置は、従来の光学式で斜入射方式のＡＦセンサと同様の原理によって超音波受信素子６ａ上での超音波の集束位置の横シフト量から検出される。即ち、ウエハＷが図２（ｂ）中の下方（－Ｚ方向）にずれれば図２（ａ）の超音波受信素子６ａ上での集束位置が上方にずれ、ウエハＷが図２（ｂ）中の上方にずれれば超音波受信素子６ａ上での集束位置は下方にずれるため、この横シフト量よりフォトレジストＰＲの表面のフォーカス位置の変化量を求めることができる。そのため、予めベストフォーカス位置はテストプリント等によって定めておき、そのときに遮音板６ｃの開口の中心（又は振動中心）と超音波の集束位置の中心とを合わせておけばよい。

【００２３】図３は、一例として超音波受信系６からの検出信号を同期検波して得られるフォーカス信号Ｄとフォトレジスト ＰＲ表面のフォーカス位置Ｚとの関係を示す。主制御系１４内で、超音波受信装置６ａからの検出信号を、遮音板６ｃの駆動信号で同期整流することによって、フォトレジストＰＲ表面での超音波の集束位置ＳＳに対応して、フォーカス位置Ｚに所定範囲でほぼ比例して変化するフォーカス信号Ｄが生成される。本例では、超音波の集束位置ＳＳに対応するフォーカス信号Ｄ

は、集束位置ＳＳが投影光学系ＰＬの像面（ベストフォーカス位置）に合致しているときに０になるようにキャリブレーションが行われており、主制御系１４は、フォーカス信号Ｄよりデフォーカス量（ずれ量）を求めることができる。ウエハＷのフォーカス位置が上方にある場合には、Ｚステージ１０（ウエハＷ）を下方に移動し、逆にフォーカス位置が下方にある場合には、Ｚステージ１０（ウエハＷ）を上方に移動して露光を行うことになる。

【００２４】なお、本例では液体７として水（屈折率１．３）を使用したが、液体７として有機溶媒（例えばアルコール、セダー油等）を用いることもできる。この場合には、投影光学系ＰＬの鏡筒３が腐食しにくくなるという利点がある。また、セダー油（屈折率１．５）を用いる場合には、その屈折率が１．５と大きく、露光光を実質的により短波長化することができる。

【００２５】なお、フォーカス位置の検出については、超音波射出系５に複数の開口を有する遮音板を配置し、フォトレジスト表面の複数点での各フォーカス位置を検出するようにしてもよく、あるいは、大きな開口を有する遮音板を超音波射出系５内に配置し、且つ複数の開口を有する遮音板を超音波受信系６内に配置して、同様に複数点での各フォーカス位置を検出するようにしてもよい。

【００２６】なお、上記の実施の形態では、超音波を用いてウエハのフォトレジスト表面のフォーカス位置を検出したが、超音波を用いてフォトレジスト表面の傾斜角を検出するレベリングセンサを用いてもよい。このレベリングセンサでは、ウエハの表面にほぼ平行に進む超音波を照射して、反射される超音波の集音位置を検出すればよい。

【００２７】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【００２８】

【発明の効果】本発明の投影露光装置によれば、マスクのパターン像を液体を介して基板の表面に露光するため、基板表面における露光光の波長を実質的に空気中における波長の液体の屈折率の逆数倍に短波長化できる。また、超音波方式の面位置検出装置により基板表面の光軸方向の位置を検出するため、光学式の面位置検出装置では面位置の検出が困難な液体中においても、その位置を高精度に検出することができる。

【００２９】また、面位置検出装置が、感光材料の表面の投影光学系の光軸方向の位置を検出する場合には、その検出情報に基づいて投影光学系の像面に対してその感

光材料の表面を高精度に合わせ込むことができる。また、投影光学系の基板側の光学素子の先端部とその基板の表面との間を満たすように液体が供給される場合には、露光光を空気中の１／ｎ倍（ｎは液体の屈折率）に短波長化できる、また、投影光学系の鏡筒が液体に接触しないため、投影光学系の鏡筒が腐食しにくくなるという利点がある。

【００３０】また、液体が、水である場合には、その入手が容易であるという利点がある。液体が、有機溶媒（例えばアルコール、セダー油等）である場合には、投影光学系の鏡筒が腐食しにくいという利点がある。さらに、液体としてセダー油を用いる場合には、その屈折率が１．５と水（屈折率１．３）等に比べて大きく、露光光をより短波長化することができる。

【００３１】また、基板を保持してこの基板を投影光学系の光軸に垂直な平面上で位置決めする基板ステージと、面位置検出装置の検出結果に基づいてその基板の投影光学系の光軸方向の位置を制御する高さ制御ステージとを備える場合には、投影光学系の像面を基板表面上の露光位置に合わせ込むことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】（ａ）は本発明の実施の形態の一例の投影露光装置を示す概略構成図、（ｂ）は図１（ａ）の側壁８近傍を示す拡大図である。

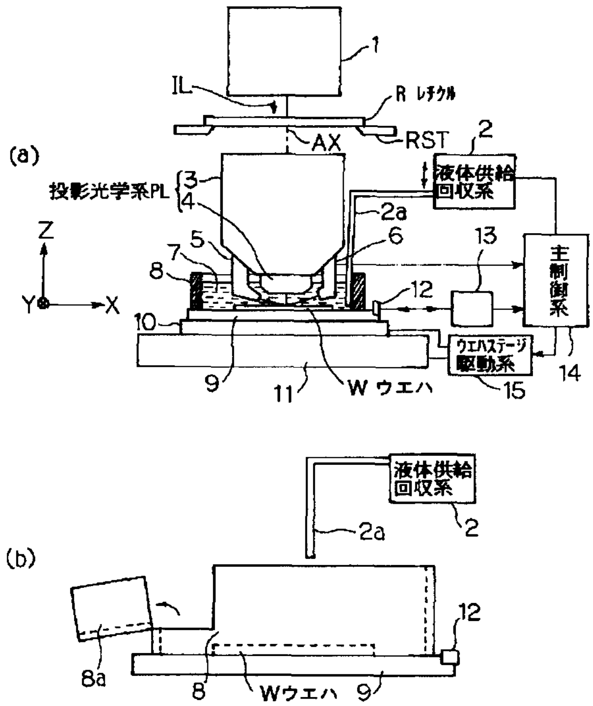
【図２】（ａ）は図１（ａ）の投影露光装置下部の構成を示す部分拡大図、（ｂ）は図２（ａ）のＢ部の拡大図である。

【図３】ウエハＷ上のフォトレジスト表面のフォーカス位置Ｚとフォーカス信号Ｄとの関係を示す図である。

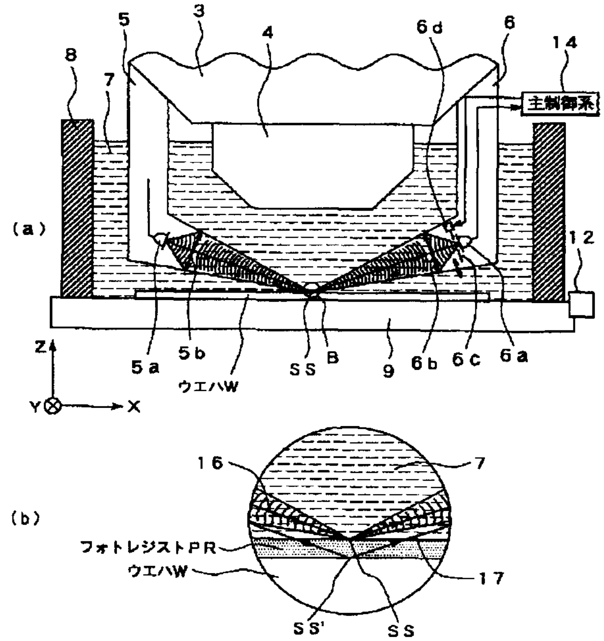
【符号の説明】

Ｗ　ウエハ
Ｒ　レチクル
ＰＬ　投影光学系
１　照明光学系
２　液体供給回収系
３　鏡筒
４　レンズ
５　超音波射出系
６　超音波受信系
７　液体
８　側壁
９　試料台
１０　Ｚステージ
１４　主制御系
１５　ウエハステージ駆動系

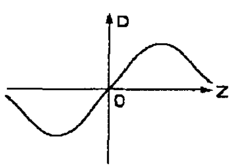
【図１】


(a)
1
IL
R レチクル
AX
RST
2
液体供給回収系
投影光学系PL
3
4
2a
5
6
13
主制御系
Z
Y
X
7
8
12
10
ウエハステージ駆動系
9
11
W ウエハ
15
14
(b)
液体供給回収系
2a
2
12
8a
8
Wウエハ
9

【図２】


5
3
4
6d
6
14
8
7
主制御系
(a)
12
Z
5a
5b
ウエハW
SS
B
9
6b
6c
6a
Y
X
16
7
(b)
フォトレジストPR
ウエハW
17
SS'
SS

【図３】


D
0
Z